

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-019111

(43)Date of publication of application : 21.01.2003

(51)Int.Cl.

A61B 1/00

A61B 5/07

(21)Application number : 2002-139587

(71)Applicant : GIVEN IMAGING LTD

(22)Date of filing : 15.05.2002

(72)Inventor : FRISCH MORDECHAI  
GLUKHOVSKY ARKADY  
LEVY DAPHNA

(30)Priority

Priority number : 2001 143260 Priority date : 20.05.2001 Priority country : IL

## (54) ARRAY SYSTEM AND METHOD FOR DETECTING POSITION OF IN VIVO SIGNAL SOURCE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an array system and a method for detecting a position of an in vivo signal source clearly insisted by being particularly indicated in a beginning part of a specification.

**SOLUTION:** This system and the method detect the position of the in vivo signal source by using an installation type antenna array having at least two antenna elements. A signal is received and signal strength is measured by two ore more antenna elements. An estimated coordinate set is obtained from a measured value of the signal strength.

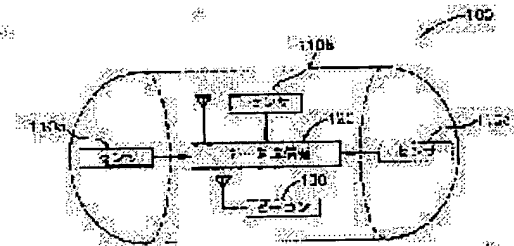


FIG. 3

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-19111

(P2003-19111A)

(43)公開日 平成15年1月21日 (2003.1.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
A 6 1 B 1/00	3 2 0	A 6 1 B 1/00	3 2 0 B 4 C 0 3 8
5/07		5/07	4 C 0 6 1

審査請求 未請求 請求項の数22 O L 外国語出願 (全 26 頁)

(21)出願番号 特願2002-139587(P2002-139587)

(22)出願日 平成14年5月15日(2002.5.15)

(31)優先権主張番号 1 4 3 2 6 0

(32)優先日 平成13年5月20日(2001.5.20)

(33)優先権主張国 イスラエル (I L)

(71)出願人 500277630

ギブン・イメージング・リミテッド

イスラエル国、20692・ヨクニーム・イリ  
ーテ、ビルディング・7・ビー

(72)発明者 モルデハイ・フリシユ

イスラエル国、20186・モレシエト、ハシ  
ロア・ストリート・14

(72)発明者 アルカディ・グルクホフスキイ

イスラエル国、36790・ネシエル、ハヌリ  
オト・ストリート・24/5

(74)代理人 100062007

弁理士 川口 義雄 (外4名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 生体内信号源の位置を探知するアレーシステム及び方法

(57)【要約】

【課題】 明細書のはじめの部分で特に指摘され、明確に主張されている生体内信号源の位置を探知するアレーシステム及び方法を提供する。

【解決手段】 少なくとも2つのアンテナ素子を有する装着型アンテナアレーを使用して、生体内信号源の位置を探知するシステムおよび方法。2つ以上のアンテナ素子で、信号が受信され、信号強度が測定される。信号強度の測定値から、推定された座標組が得られる。

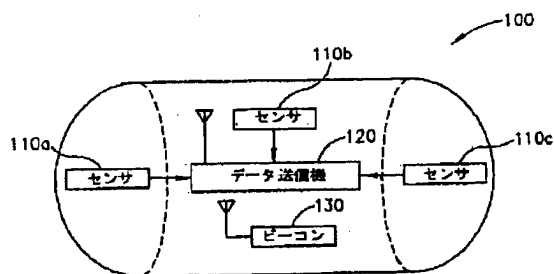


FIG.3

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 生体内信号源の位置を探知するシステムであって、

体に取り付けるようになっており、複数のアンテナ素子を備えたアンテナアレーと、  
前記アンテナアレーに接続され、2つ以上の前記アンテナ素子で信号源から受信した信号の信号強度を測定するようになっている信号強度検出器と、  
前記信号強度検出器と通信し、2つ以上の前記アンテナ素子での信号強度測定値を生体内信号源に対するおおよその座標組に関連付けるようになっている処理装置とを備えるシステム。

【請求項2】 アンテナセレクトを更に備える請求項1に記載のシステム。

【請求項3】 前記複数のアンテナ素子の各サブセットが、体の近傍に中心を持つ座標系の中に既知の座標の組を有する点の近傍に配置されている請求項2に記載のシステム。

【請求項4】 前記処理装置が、各信号強度の測定に関連付けられた距離の値を計算するようになっている請求項3に記載のシステム。

【請求項5】 プロセスが、距離の値に基づいて、信号源の位置を推定するようになっている請求項4に記載のシステム。

【請求項6】 前記処理装置が、受信した各信号に関して信号ベクトルを計算するようになっている請求項3に記載のシステム。

【請求項7】 前記処理装置が、計算されたベクトルのベクトル和を実行するようになっている請求項6に記載のシステム。

【請求項8】 前記処理装置が、計算されたベクトルのサブセットに対して、従来のベクトル和演算を実行するようになっており、サブセットは最大のベクトルから成り、処理装置は、サブセットのベクトルよりも比較的小さい信号ベクトルに対して加重和演算を実行するようになっている請求項7に記載のシステム。

【請求項9】 信号源のおおよその座標の組を表示するようになっている表示装置を更に備える請求項8に記載のシステム。

【請求項10】 表示装置が、体の描写と、信号源のおおよその座標の組を示すポインタを表示するようになっている請求項9に記載のシステム。

【請求項11】 アンテナアレーが8個のアンテナ素子を備える請求項1に記載のシステム。

【請求項12】 装着型アンテナアレーを用いて生体内信号源の位置を探知する方法であって、

アレー内の2つ以上のアンテナ素子で信号を受信するステップと、

受信した信号の強度を測定するステップと、

信号強度の測定をおおよその座標の組に関連付けるステ

ップを備える方法。

【請求項13】 少なくとも2つの各アンテナ素子が、体の近傍に中心を持つ座標系の中に既知の座標の組を有する点の近傍に配置される請求項12に記載の方法。

【請求項14】 受信した信号に関連付けられた距離の値を計算するステップを更に備えている請求項13に記載の方法。

【請求項15】 2つ以上のアンテナ素子に関連付けられた距離の値を使用して、信号源の位置を相関させるステップを更に備える請求項14に記載の方法。

【請求項16】 受信した各信号に関連する信号ベクトルを計算するステップを更に備える請求項13に記載の方法。

【請求項17】 信号ベクトルのベクトル和を実行するステップを更に備える請求項16に記載の方法。

【請求項18】 信号ベクトルに加重因子を適用するステップを更に備える請求項17に記載の方法。

【請求項19】 大きさが比較的小さい信号ベクトルに対して加重因子が適用される請求項18に記載の方法。

【請求項20】 信号源の推定位置を表示するステップを更に備える請求項19に記載の方法。

【請求項21】 信号源の推定位置が、体の形状を伴うポインタとして図的に表示される請求項20に記載の方法。

【請求項22】 アレー内の2つ以上のアンテナ素子で信号を受信することによって信号源の位置を探知するステップを更に備える請求項12に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、生体内カメラシステムに係わり、特に、そのような生体内カメラシステムの位置を特定するためのシステムおよび方法に関する。

【0002】

【従来の技術】様々な生体内測定システムが従来から知られている。これらのシステムは、データを収集してそのデータを受信システムに送信する服用可能な電子カプセルを有している。蠕動によって消化系を通過して移動するこれらのカプセルは、pHを測定する“ハイデルベルク”(Heidelberg)カプセル、温度を測定する“コア・テンブ”(CoreTemp)カプセル、腸内の圧力を測定する他のカプセルを含んでいる。また、これらのカプセルは、食物が胃および腸を通過するために要する時間である胃の滞留時間および腸の通過時間を測定するために使用されてきた。

【0003】一般に、腸カプセルは、測定システムおよび送信システムを有しており、送信システムは、無線周波数で測定されたデータを受信システムに送信する。他のシステムでは、カプセル内の記憶装置に全てのデータを記憶することができる。その後、カプセルが胃-腸

(G I)系を出た後、データを読み取ることができる。  
【0004】生体内カメラシステムが知られており、そのような公知のカメラシステムの1つは、飲み込むことができるカプセルによって運ばれる。生体内カメラシステムは、カプセルが胃-腸内腔を通過する間に、G I系の画像を捕らえて送信する。システムは、消化系の全体を通過することができ且つ自律ビデオ内視鏡として動作することができるカプセルを有している。

【0005】胃内および子宮内の送信カプセルの位置を  
10 探知する従来の試みでは、受信器を有する移動しない患者を空間的に走査する。受信器および走査システムは、受信率が最高の位置を探知するとともに、カプセルの経路をプロットする、この場合、最も強い信号が受信される場所にカプセルがあることが前提である。これらの試みでは、携帯できず且つ市販されていない実験室の装置が使用される。

【0006】生体内カプセルの位置を探知する他の試みでは、カプセルがG I系を通過する間の信号変化の統計が解析される。カプセルが内腔の特定の重要な場所を通過する間に、大きな信号レベル変化を観測することができ、これらの変化は、特定の解剖学的な特徴に関連付けられる。この方法は、本質的に不正確である、というのは、G I系の解剖学的に重要な場所が、基準となる固定のフレームに対して強く位置付けられていないからである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の一部として、複数のアンテナ素子を有するアンテナアレーがある。アンテナアレーは体に固定でき、2つ以上のアンテナ素子は、生体内信号源から信号を受信できる。受信信号の信号強度が測定でき、信号強度の測定値から、信号源の推定位置が得られる。

【0008】本発明の主題は、特に、明細書のはじめの部分で指摘され、明確に主張されている。しかしながら、容器を伴う構成と動作方法に関する本発明、その特徴および利点は、添付図面を参照しつつ以下の詳細な説明を読むことによって最も良く理解できる。

【0009】図を簡単且つ明瞭にするため、図面に示される要素は、必ずしも一定の寸法で描かれていないことは理解されよう。例えば、明確にするため、幾つかの要素の寸法は、他の要素に対して誇張されている場合がある。また、適当であると見なされる場合には、対応するまたは類似の要素を示すために、図面間で参照符号が繰り返される場合がある。

【0010】

【課題を解決するための手段】以下の詳細な説明においては、本発明を完全に理解できるように、多数の特定の細目が示されている。しかしながら、当業者であれば分かるように、本発明は、これらの特定の細目がなくても、実施できる。他の例では、本発明が曖昧とならない

ように、良く知られた方法、手続き、構成部品および回路を詳細に説明していない。

【0011】特に具体的に述べられていない場合、以下の説明から明らかなように、明細書の全体にわたって、“処理”、“計算”、“演算”、“決定”等の用語を使用した説明は、計算システムのレジスタそして/またはメモリ内の電子的などの物理量として表わされたデータを操作および/または、そのようなデータを計算システムのメモリ、レジスタあるいはそのような他の情報記憶・送信・表示装置の物理量として表わされる類似の他のデータに変換するコンピュータ、計算システム、あるいは類似の電子計算装置の動作および/または処理を示していると考えられる。

【0012】本発明の実施形態は、種々の動作を実行する装置を有することが出来る。この装置は、特に、所望の目的のために構成されていても良く、あるいは、コンピュータに記憶されたコンピュータプログラムによって選択的に動作されまたは再構成される汎用コンピュータを備えていても良い。そのようなコンピュータプログラムは、以下に限定されないが、フロッピー（登録商標）ディスク、光ディスク、CD-ROM、光磁気ディスクを含む任意のタイプのディスク、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、電気的にプログラム可能な読み出し専用メモリ（EPROM）、電気的に消去可能且つプログラム可能な読み出し専用メモリ（EEPROM）、磁気カードまたは光カード、あるいは、電子命令を記憶するのに適し且つコンピュータシステムバスに接続可能な他の任意のタイプの媒体等のコンピュータで読み取ることができる記憶媒体に記憶される。

【0013】本明細書に示されたプロセスや表示は、本質的に、任意の特定のコンピュータや他の装置に関するものではない。本明細書の教示に従うプログラムとともに、様々な汎用システムが使用されても良く、あるいは、所望の方法を実行する特定の装置を構成しても好都合である。これら様々なシステムの所望の構造は、以下の説明から明らかになる。また、本発明の実施形態は、任意の特定のプログラム言語に関して説明されない。様々なプログラム言語を使用して本明細書に記述する本発明の教示を実施しても良いことは理解されよう。

【0014】

【発明の実施の形態】図1Aおよび図1Bを参照する。図1Aおよび図1Bに示されるように、本発明の一部として、装着型アンテナアレーすなわちアンテナアレーベルト10を使用して、生体内信号源の位置を探知できる。アンテナアレーベルト10は、患者に巻き付けられて信号レコーダ20に取り付けられるようになってい  
50 る。別の実施形態は、接着剤を有するアンテナ素子を含んでおり、アンテナ素子を生体上の部位に接着することができる。アレーの各アンテナ素子10aから10z

は、同軸ケーブルを介して、レコーダ20に接続するコネクタに接続できる。各アンテナ素子10aから10zは、ループアンテナであっても良く、あるいは、当該分野で知られた他の任意の構成でも良い。

【0015】一実施形態において、アンテナアレーベルトは、一般に、被検者の中央部分に位置する8個のアンテナ素子を有している。例えば、アンテナ素子を以下のように位置させることができる。第1のアンテナ素子は、右第7肋間筋と右中央鎖骨線との交差部上に位置し、第2のアンテナ素子は、剣状突起上に位置し、第3のアンテナ素子は、左第7肋間筋と左中央鎖骨線との交差部上に位置し、第4のアンテナ素子は、臍の高さにある右腰領域上に位置し、第5のアンテナ素子は、臍の上側に位置し、第6のアンテナ素子は、臍の高さにある左腰領域上に位置し、第7のアンテナ素子は、右中央領域上に位置し、第8のアンテナ素子は、左中央領域上に位置する。他の位置にアンテナを配置しても良く、また、アンテナを別の個数使用しても良い。例えば、アンテナアレーを被検者の背中に配置しても良い。

【0016】また、図2に示されるように、データレコーダ20は、データ記憶装置22を有する他、受信機21、信号強度測定装置24、処理装置26およびアンテナセレクト25を有することが出来る。他の実施形態において、データレコーダ20は、他の構成要素の組み合わせを有していても良く、前述した構成要素が他の装置間で分割されても良い。信号強度測定装置24は、10aから10zまでの各アンテナ素子より受信器21によって受信した信号の信号強度を測定することができ、処理装置26は、受信した信号と信号源の推定場所とを関連付ける演算を行なうことができる。アンテナセレクト25は、受信機21が信号を受信する単一のアンテナ素子への信号経路を開くことができる。アンテナセレクト25を、アンテナ部材10aから10zの全て又は一部を走査するように調整することが出来る。走査速度および走査パターンを、受信信号の信号対雑音比が最大となるように調整できる。

【0017】図3には、本発明の一実施形態に係る生体内信号源100の例が示されている。信号源100は服用可能なカプセルである。カプセル100は、温度センサ110a、pHセンサ110b、光センサ110c等の複数のセンサを有することが出来る。他のセンサまたはセンサのセットを使用しても良い。センサ110は、例えばデータ送信機120にデータを供給することができる。ビーコン130は、断続的なビーコン信号を送信することができ、また、ビーコン130に、データ送信器120がデータ信号を送信すると同時にしくは略同時に送信するように指示することが出来る。一般に、データ送信機120は、ビーコン130よりも高い周波数で送信するが、そうでなくても良い。本発明の一実施形態において、データ送信機120は、変調されていない信

号をビーコン信号として送信することができる。一実施形態において、カプセルは、当該分野で記載された実施形態に類似し、あるいは、類似する構成要素を備えていても良い。

【0018】図4には、ベルト10すなわち本発明の実施形態に係る粘着性のアンテナアレーを装着した人間の胸の拡大図が示されている。また、生体内信号源100の推定場所が現われている。この場所は、半径がR1、R2、R3の3つの円の交点として示されている。各半径の値はそれぞれ、各アンテナ素子10k、10f、10gからの信号源100の推定距離の値である。距離の値を、信号強度測定装置24によって実行された信号強度測定に基づいて処理装置26によって計算できる。例えば、定位信号データの処理に使用される伝搬条件として、放射減衰が体内でリニアであることを前提としている。これは、以下の方程式に等しい。

【数1】

$$I_r = I_0 \alpha \alpha^r \quad (式1)$$

【0019】ここで、rはカプセルとアンテナとの間の距離(cm)であり、 $I_0$ はカプセルでの信号レベル(dBm)であり、 $I_r$ はrでの信号レベル(dBm)であり、 $\alpha$ は吸収係数(dB/cm)である。動作周波数範囲(200から500MHz)において、また、送信機と受信機との間の中間距離においては、すなわち、2から2.5波長の半分の波長距離においては、線形減衰を前提とすることは妥当である。信号源での信号レベルおよび各アンテナで測定される信号レベルが分かれば、信号源とアンテナとの間の距離を得ることができる。

【0020】図4に示される一般的な信号源三角測量技術は、良く知られている。しかしながら、完全を期するため、本発明に係る生体内信号源の位置を推定する方法の更なる他の例を以下に示す。

【0021】図5には、3つのアンテナ素子10d、10p、10qで受信した信号に関する3つの信号ベクトルが示されている。臍に中心を持つ3つの座標系の原点を始点として、各信号ベクトルは各アンテナ素子の方向を示し、受信信号強度に関連する大きさを有している。各信号ベクトルは、原点から各アンテナ素子が位置する点までの方向性ベクトルと、正規化された受信信号値との積として計算できる。正規化された信号強度値は、測定された各信号強度値を最も強い測定値で除算することによって計算できる。これによって、最も強い測定値が1に正規化され、残りが1よりも小さい値に正規化される。したがって、最も強い信号レベルを受信するアンテナ素子を指し示す信号ベクトルが、方向性ベクトルと同一のように見える。他の信号ベクトルは、方向性ベクトルよりも短い。

【0022】信号源100の推定点すなわち場所は、全

ての信号強度ベクトル、位置ベクトルのベクトル和として測定できる。信号ベクトルは、2つ以上のアンテナ素子10aから10zに関して計算できる。信号ベクトルは、図6に示されるように、胴の前面に配置されたアンテナ素子のみに関して計算することができる。また、信号ベクトルは、体の背中に配置されたアンテナ素子に関しても計算できる(図1B)。図6において、信号源100の位置である推定された点は、体内にある。一般に、位置ベクトルは、3次元系の原点を始点とし、体内の点で終端する。

【0023】本発明の一部として、絶対座標の組を使用して、例えばセンチメートルやインチ等の標準的な単位で体における点を測定しても良い。あるいは、体における解剖学的な点に対して値を割り当て、その後、結果を正規化することもできる。例えば、臍に配置されたアンテナ素子に座標組0、0を与えても良く、臍の高さにある胴の右端に配置されたアンテナ素子に座標組5、0を与えても良く、胴の左端に配置されたアンテナ素子に-5、0であっても良い。距離の値すなわちベクトルの大きさは、これらの座標組を使用して計算することができる。そして、その後、値は、体の実際の寸法に適合するように比例的に調整できる。例えば、前述した座標に基づいて2.5インチの距離の値を計算したが、後に、臍から右端まで実際に体が7単位であることを測定した場合、2.5の距離の値を同じ割合7/5に調整することができる。

【0024】最も強い2つ又は3つの信号源だけを使用して、それよりも弱い信号強度値を拒絶し、信号ベクトルすなわち位置の推定の基本となる距離の値を計算できる。最も強い信号のグループを特定すると、第2の信号強度測定を行なっても良い。処理装置は、最も大きな一部のベクトルに関して従来のベクトル和演算を行い、比較的小さい信号ベクトルに関して加重和演算を行なうようにしても良い。他の演算を用いて、収集された信号の他の操作を行なっても良い。

【0025】アンテナセクタ25は、最も強い信号を受信したアンテナ素子だけの走査を行ない、他の全てのアンテナを排除するように調整しても良い。弱い信号を供給するアンテナからの信号情報を排除または拒絶することによって、一般に、信号対雑音比が増大する。

【0026】しかしながら、他の実施形態において、多くのアンテナ素子に関して位置ベクトルすなわち距離の値を計算でき、図7に示すように大きさが比較的小さい信号ベクトルに削減/加重因子を掛け合わせても良い。

【0027】生体内信号源の推定位置は、連続的または半連続的に探知できる。信号源に対する瞬間的速度ベクトルは、位置情報を使用して計算できる。例えば、速度ベクトルは、第1の位置ベクトルの先端を始点とし且つ連続する位置ベクトルの先端で終端するベクトルである。あるいは、信号源の速度は、位置の導関数として計

算でき、方向は、データレコーダ20に機能的に関連付けられたディスプレイまたはグラフ上にプロットできる。

【0028】本発明の実施形態においては、不良のアンテナ素子を検出するための付加的な手続きが実行できる。アンテナ素子が不良であると判断された場合には、全体の経路を無効として良い。そのような手続きの例においては、各アンテナに関して、全てのフレーム(廃棄されていない場合)に対する読み取りが2つのピンに集められ、例えば、ピン1=0から40の範囲の読み取り数、ピン2=41から255の範囲の読み取り数、あるいは、ピン1=0から107の範囲の読み取り数、ピン2=108から255の範囲の読み取り数となる。結果は、2つのピンの8ヒストグラムであり、各アンテナに関して1つである。ピン1/(ピン1+ピン2)>0.75である場合、アンテナは不良である。それ以外、アンテナは良好である。全てのアンテナが良好の場合、経路は妥当であると判断される。また、 $thReception(n) < 60$  (第1の例の場合)あるいは、 $thReception(n) < 117$  (第2の例の場合)の場合、そのセンサの読み取りを廃棄することができる。

【0029】ここでは、本発明の特定の特徴について図示して説明してきたが、当業者であれば、多くの変形、置換、変更、等価物を想起し得る。したがって、頭書の請求の範囲がそのような全ての変形や変更を本発明の精神の範囲内にあるものとして含むことを意図していると考えるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1A】本発明の実施形態によるアンテナアレーを装着した人物を示している。

【図1B】本発明の実施形態によるアンテナアレーを装着した人物を示している。

【図2】本発明の実施形態によるデータレコーダを示している。

【図3】本発明の実施形態による生体内信号源を示している。

【図4】本発明の実施形態によるアンテナアレーを装着した胴体および信号源の推定点を示している。

【図5】2次元平面の3つの信号ベクトルを示している。

【図6】3次元空間の3つの信号ベクトルを示している。

【図7】信号ベクトルに対する加重関数のグラフを示している。

【符号の説明】

10 アンテナアレーベルト

10a、10b、10c、10d、10e、10f、10g、10h、10i、10j、10k、10l、10m、10n、10o、10p、10q、10r、10

10

20

30

40

50

s、10t、10u、10v、10w、10x、10y、10z アンテナ素子  
 20 信号レコーダ  
 21 受信機  
 22 データ記憶装置  
 24 信号強度測定装置

\* 25 アンテナセクタ  
 26 処理装置  
 100 生体内信号源  
 110a、110b、110c センサ  
 120 データ送信機  
 \* 130 ビーコン

【図1A】

【図1B】

【図2】

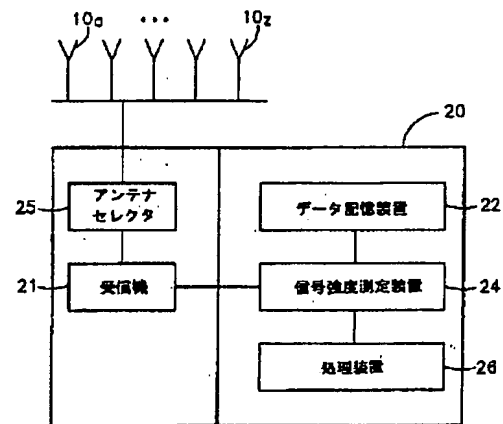
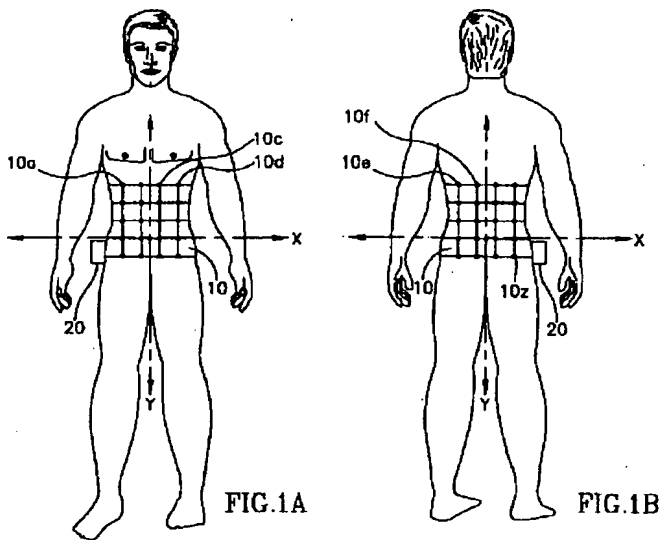


FIG. 2

【図3】

【図4】

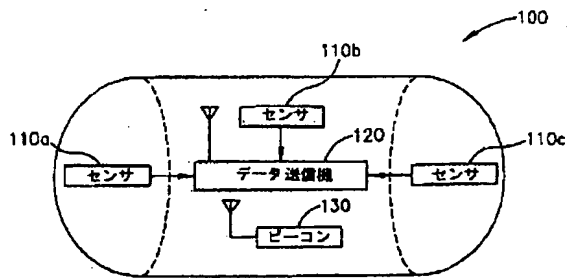


FIG. 3

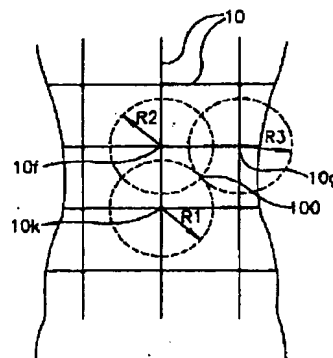
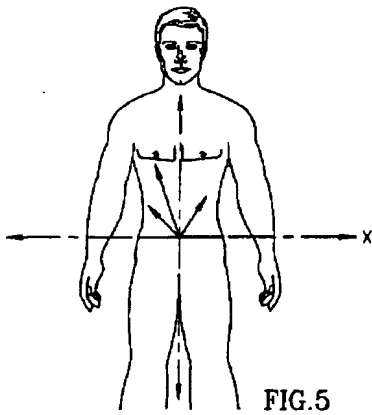
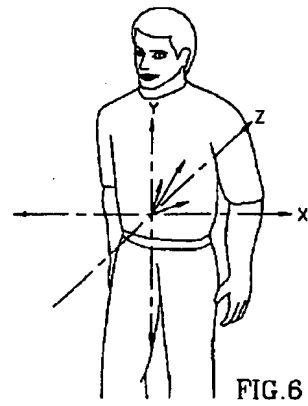


FIG. 4

【図5】



【図6】



【図7】

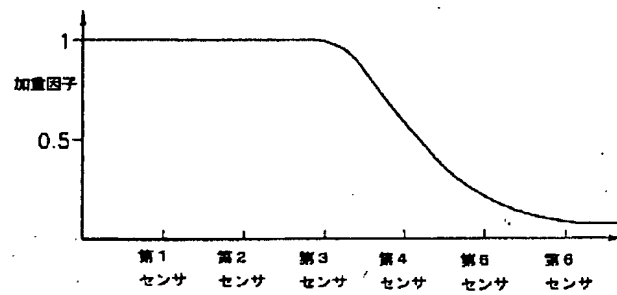


FIG. 7

フロントページの続き

(72)発明者 ダフナ・レビイ  
イスラエル国、21661・カルミエル、ハダ  
ス・ストリート・103

F ターム(参考) 4C038 CC03 CC09  
4C061 AA01 BB00 CC10 DD00 HH00  
HH60 JJ17



【外国語明細書】

## **1. Title of Invention**

### **ARRAY SYSTEM AND METHOD FOR LOCATING AN IN VIVO SIGNAL SOURCE**

## **2. Claims**

1. A system for localizing an in vivo signal source comprising:

an antenna array adapted to attach to a body, said array comprising a plurality of antenna elements;

a signal strength detector connected to said antenna array and adapted to measure signal strength of signals received from the signal source at two or more of said antenna elements; and

a processing unit adapted to communicate with said signal strength detector and to correlate the signal strength measurements at two or more of said antenna elements to an approximate coordinate set for the in vivo signal source.

2. The system according to claim 1, further comprising an antenna selector.

3. The system according to claim 2, wherein each of a subset of said plurality of antenna elements is located near a point having a known coordinate set within a coordinate system centered in proximity of the body.

4. The system according to claim 3, wherein said processing unit is adapted to calculate a distance value associated with each signal strength measurement.

5. The system according to claim 4, wherein the process is adapted to estimate the location of the signal source based on the distance values.

6. The system according to claim 3, wherein said processing unit is adapted to calculate a signal vector for each received signal.

7. The system according to claim 6, wherein said processing unit is adapted to perform a vector sum of the calculated vectors.

8. The system according to claim 7, wherein said processing unit is adapted to perform a conventional vector sum operation on a subset of the calculated vectors, the subset being composed of the largest vectors, and to perform a

weighted sum operation on the signal vectors which are relatively smaller than the vectors in the subset.

9. The system according to claim 8, further comprising a display unit adapted to display the approximate coordinate set of the signal source.

10. The system according to claim 9, wherein the display unit is adapted to display a representation of a body and a pointer showing the approximate coordinate set of the signal source.

11. The system according to claim 1 wherein the antenna array comprises eight antenna elements.

12. A method for localizing an in vivo signal source with a wearable antenna array, said method comprising the steps of  
receiving a signal at two or more antenna elements within the array;  
measuring the received signal strength; and  
correlating the signal strength measurements to an approximate coordinate set.

13. The method according to claim 12, wherein each of at least two antenna elements is located near a point having a known coordinate set within a coordinate system centered in proximity of the body.

14. The method according to claim 13, further comprising the step of calculating a distance value associated with a received signal.

15. The method according to claim 14, further comprising the step of correlating the location of the signal source using the distance values associated with two or more antenna elements.

16. The method according to claim 13, further comprising the step of calculating a signal vector relating to each received signal.

17. The method according to claim 16, further comprising the step of performing a vector sum operation of the signal vectors.

18. The method according to claim 17, further comprising the step of applying a weighing factor to a signal vector.

19. The method according to claim 18, wherein the weighing factor is applied to signal vectors having a relatively small magnitude.

20. The method according to claim 19, further comprising the step of displaying the signal source's estimated location.

21. The method according to claim 20, wherein the signal sources estimated location is displayed graphically as a pointer with a figure of a body.

22. The method according to claim 12 further comprising the step of localizing the signal source by receiving a signal at two or more antenna elements within the array.

### **3. Detailed Description of Invention**

#### **FIELD OF THE INVENTION**

The present invention relates generally to an in vivo camera system and in particular to a system and method for identifying the position of such an in vivo camera system.

#### **BACKGROUND OF THE INVENTION**

Various in vivo measurement systems are known in the art. They typically include ingestible electronic capsules which collect data and which transmit the data to a receiver system. These capsules, which are moved through the digestive system by peristalsis, include "Heidelberg" capsules to measure pH, "CoreTemp" capsules to measure temperature and other capsules to measure pressure throughout the intestines. They have also been used to measure gastric residence time and intestinal passage time, which is the time it takes for food to pass through the stomach and intestines.

The intestinal capsules typically include a measuring system and a transmission system, where the transmission system transmits the measured data at radio frequencies to the receiver system. Alternate systems can store all the data within a storage device in the capsule. The data can then be read after the capsule exits the gastro-intestinal (GI) tract.

In vivo camera systems are known, such one known camera system which is carried by a swallowable capsule. The in vivo video camera system captures and transmits images of the GI tract while the capsule passes through the gastro-intestinal lumen. The system includes a capsule that can pass through the entire digestive tract and operate as an autonomous video endoscope.

Prior attempts at localizing an intra-gastric and intrauterine transmitting capsule includes spatially scanning a non-ambulatory patient with a receiver. The receiver and scanning system locates the points with the highest reception and plots a track of the capsule, the assumption being that the capsule is at the location where the strongest signal is received. These attempts use a laboratory device that is non-portable and non-commercial.

Other attempts at localizing an in vivo capsule analyze the statistics of signal variation during the passage of the capsule through the GI tract. Large signal level variations are observable during the passage of the capsule through specific significant locations in the lumen and these variations are associated with specific anatomical features. This method is inherently inaccurate since the anatomically significant locations of the GI tract are not rigidly attached to a fixed frame of reference.

#### **SUMMARY OF THE INVENTION**

As part of the present invention, there is an antenna array having multiple antenna elements. The antenna array may be fixed to a body, and two or more antenna element may receive a signal from an in vivo signal source. A signal strength of a received signal may be measured and an estimated location of the signal source may be derived from the signal strength measurements.

The subject matter regarded as the invention is particularly pointed out and distinctly claimed in the concluding portion of the specification. The invention, however, both as to organization and method of operation, together with containers, features, and advantages thereof, may best be understood by reference to the following detailed description when read with the accompanying drawings .

It will be appreciated that for simplicity and clarity of illustration, elements shown in the figures have not necessarily been drawn to scale. For example, the dimensions of some of the elements may be exaggerated relative to other elements for clarity. Further, where considered appropriate, reference numerals may be repeated among the figures to indicate corresponding or analogous elements.

In the following detailed description, numerous specific details are set forth in order to provide a thorough understanding of the invention. However, it will be understood by those skilled in the art that the present invention may be practiced without these specific details. In other instances, well-known methods, procedures, components and circuits have not been described in detail so as not to obscure the present invention.

Unless specifically stated otherwise, as apparent from the following discussions, it is appreciated that throughout the specification discussions utilizing terms such as "processing", "computing", "calculating", "determining", or the like, refer to the action and/or processes of a computer or computing system, or similar electronic computing device, that manipulate and/or transform data represented as physical, such as electronic, quantities within the computing system's registers and/or memories into other data similarly represented as physical quantities within the computing system's memories, registers or other such information storage, transmission or display devices.

Embodiments of the present invention may include apparatuses for performing the operations herein. This apparatus may be specially constructed for the desired purposes, or it may comprise a general purpose computer selectively activated or reconfigured by a computer program stored in the computer. Such a computer program may be stored in a computer readable storage medium, such as, but is not limited to, any type of disk including floppy disks, optical disks, CD-ROMs, magnetic-optical disks, read-only memories (ROMs), random access memories (RAMs) electrically programmable read-only memories (EPROMs), electrically erasable and programmable read only memories (EEPROMs), magnetic or optical cards, or any other type of media suitable for storing electronic instructions, and capable of being coupled to a computer system bus.

The processes and displays presented herein are not inherently related to any particular computer or other apparatus. Various general purpose systems may be used with programs in accordance with the teachings herein, or it may prove convenient to construct a more specialized apparatus to perform the desired method. The desired structure for a variety of these systems will appear from the description below. In addition, embodiments of the present invention are not described with reference to any particular programming language. It will be appreciated that a variety of programming languages may be used to implement the teachings of the inventions as described herein.

Reference is now made to Figs. 1A and 1B. As part of the present invention, an in vivo signal source may be localized using a wearable antenna array or antenna array belt 10, as shown in Figs. 1A and 1B. The antenna array belt 10 is fitted such that it may be wrapped around a patient and attached to a signal recorder 20. Additional embodiments include antenna elements having adhesive, which may adhere the element to a point on a body. Each of the antenna elements 10a through 10z in the array may connect via coaxial cables to a connector, which connects to the recorder 20. Each antenna element 10a through 10z may be a loop antenna, or may be any other antenna configuration known in the art.

In one embodiment the antenna array belt includes eight antenna elements that are typically positioned on a subject's midsection. For example, the antenna elements can be positioned as follows. A first antenna element is positioned on the intersection of the right 7<sup>th</sup> intercostal space and right mid clavicular line; a second antenna element is positioned on the xiphoid process; a third antenna element is positioned on the intersection of the left 7<sup>th</sup> intercostal space and left mid clavicular line; a fourth antenna element is positioned on the right lumbar region at umbilical level; a fifth antenna element is positioned above the naval; a sixth antenna element is positioned on the left lumbar region at umbilical level; a seventh antenna element is



positioned on the right mid-lingual region; and an eighth antenna element is positioned on the left mid-lingual region. Other antenna positions and other numbers of antennas may be used. For example, an antenna array may be positioned on a subjects back.

Aside from having a data storage unit 22, the data recorder 20 may also have a receiver 21, a signal strength measurement unit 24, a processing unit 26, and an antenna selector 25 as shown in Fig. 2. In alternate embodiments the data recorder 20 may include other combinations of components, and the components described may be divided among other units. The signal strength measurement unit 24 may measure the signal strength of signals received by the receiver 21 from each of the antenna elements 10a through 10z, and the processing unit 26 may perform calculations to correlate the received signal with an estimated location of the source of the signal. The antenna selector 25 may open a signal path to single antenna element from which the receiver 21 will receive a signal. The antenna selector 25 may be adjusted to scan through all or subset of antenna elements 10a through 10z. The scan rate and pattern may be adjusted to maximize signal to noise ratios for the received signals.

Turning now to Fig. 3, there is shown an example of an in vivo signal source 100 according to one embodiment of the present invention. The source 100 is a capsule, which may be ingested. The capsule 100 may contain several sensors such as temperature 110a, PH 110b, and optical 110c. Other sensors or sets of sensors may be used. The sensors 110 may provide data, for example, to a data transmitter 120. A beacon 130 may send out an intermittent beacon signal, or the beacon 130 may be instructed to transmit at or about the same time the data transmitter 120 transmits a data signal. Typically, the data transmitter 120 will transmit at a higher frequency than the beacon 130, but need not. In one embodiment of the present invention the data transmitter 120 may transmit a non-modulated signal as a beacon

signal. In one embodiment the capsule is similar to or may comprise components similar to embodiments described in the art.

Turning now to Fig. 4, there is shown a close-up of a human torso wearing a belt 10 or adhesive antenna array according to an embodiment of the present invention. Also visible is an estimated location of an in vivo signal source 100. The location is shown as the intersection point of three circles having radius R1, R2 and R3. Each radius value being an estimated distance value of the source 100 from each of antenna elements 10k, 10f and 10g, receptively. The distance values may be calculated by the processing unit 26 based on signal strength measurements preformed by signal strength measurement unit 24. For example, the propagation assumption used in processing the localization signal data assumes that radiation attenuation is linear within the body. This is equivalent to

$$I_r = I_0 \propto \alpha \cdot r, \quad (\text{Eq. 1})$$

where  $r$  is the distance (in cm) between the capsule and the antenna,  $I_0$  is the signal level (in dBm) at the capsule,  $I_r$  is the signal level (in dBm) at  $r$ , and  $\alpha$  is the absorption coefficient (in dB/cm). The assumption of linear attenuation is valid at the working frequency range (200 - 500 MHz) and at intermediate distances between the transmitter and receiver, i.e. for distances of half a wavelength to 2 - 2.5 wavelengths. Knowing the signal level at the source and the measured signal level at each antenna, one can derive the distance between the source and the antenna.

General signal source triangulation techniques as shown in Fig. 4 are well known. For purposed of completeness, however, the following is yet another example of a method of estimating the location of an in vivo signal source according to the present invention.

Shown in Fig. 5 are three signal vectors relating to signals received at three antenna elements 10d, 10p, 10q. Beginning at the origin of a coordinate system centered at the naval, each signal vector points in the direction of its respective antenna element and has a magnitude relating to the strength of the received signal. Each signal vector may be calculated as the product of a pointing vector from the origin to the point where its respective antenna element is placed, multiplied by a normalized received signal value. A normalized signal strength value may be computed by dividing each measured signal strength value by the strongest measured value. This results in the strongest measured value being normalized to 1, and the rest to values smaller than one. Thus, the signal vector pointing to an antenna element receiving the strongest signal level will look identical to its pointing vector. The other signal vectors will be shorter than their pointing vectors.

The estimated point or location of the signal source 100 may be estimated as the vector sum of all the signal strength vectors, the location vector. Signal vectors may be calculated for two or more antenna elements 10a through 10z. Signal vectors can be calculated for only elements placed at the front of the torso, or as Fig. 6 shows, signal vectors may also be calculated for elements placed at the back of the body (Fig. 1B). The point estimated to be the location of the signal source 100 in Fig. 6 is within the body. Typically, the location vector starts at the origin of a three dimensional system and ends at a point within the body.

As part of the present invention, one may use an absolute coordinate set where points on the body are measured in terms of standard units such as centimeters or inches. Alternatively, one can assign values relative to anatomical points on the body and later normalize the results. For example, an antenna element placed at the naval may be given the coordinate set 0,0; an element placed at the right end of the torso at naval level may be given the coordinate set 5,0; and an element placed at left end of the torso -5,0. Distance values or vector magnitudes can be calculated using

these coordinate sets. And later the values may be proportionally adjusted to fit the body's actual dimensions. For example, if there was calculated a distance value of 2.5 inches based on the above stated coordinates, but it was later measured that the body was actually 7 unit from 'naval' to the right end, the distance value of 2.5 could be adjusted in the same proportion,  $7/5$ .

Only the two or three strongest signal sources may be used, rejecting the weaker signal strength values, to calculate signal vectors or distance values upon which a location estimate is based. Once the strongest group of signals is identified, a second signal strength measurement may be performed. The processing unit may be adapted to perform a conventional vector sum operation on a subset of the largest vectors, and to perform a weighted sum operation on the signal vectors which are relatively smaller. Other manipulations of the collected signals may be used, using other operations.

The antenna selector 25 may be adjusted to perform a scan of only the antenna elements from which the strongest signals were received, excluding all other antennas. Excluding or rejecting signal information from antennas providing weak signals generally increases signal to noise ratios.

However, in another embodiment, location vectors or distance values may be calculated relating to many antenna elements and signal vectors having relatively low magnitudes may be multiplied by a reducing/weighing factor as shown in Fig. 7.

An estimated location of an in vivo signal source may be continuously or semi-continuously tracked. An instantaneous velocity vector for the signal source may be computed using the position information. For example, the velocity vector would be the vector starting at the tip of a first location vector and ending at the tip of a consecutive location vector. Or, the signal source's speed may be computed as a derivative of its position, and its direction may be plotted on a display or a graph functionally associated with the data recorder 20.

In an embodiment of the invention a supplementary procedure for detecting defective antenna elements may be carried out. If an antenna element is determined to be defective the entire trajectory may be invalidated. In an example of such a procedure readings for all frames (if not discarded) are collected, for each antenna, into two bins, for example, Bin1=number of readings in the range 0 to 40 and Bin2= number of readings in the range 41 to 255 or Bin1=number of readings in the range 0 to 107 and Bin2=number of readings in the range 108 to 255. The result is 8 histograms of 2 bins each, one for each antenna. If  $\text{Bin1}/(\text{Bin1}+\text{Bin2}) > 0.75$  the antenna is defective. Else the antenna is OK. The trajectory is considered valid if all antennas are OK. Further, if  $\text{thReception}(n) < 60$  (for the first example) or if  $\text{thReception}(n) < 117$  (for the second example) the current sensor readings can be discarded.

While certain features of the invention have been illustrated and described herein, many modifications, substitutions, changes, and equivalents will now occur to those skilled in the art. It is, therefore, to be understood that the appended claims are intended to cover all such modifications and changes as fall within the true spirit of the invention.

#### **4. Brief Description of Drawings**

Figs. 1A and 1B show a person wearing an antenna array according to an embodiment of the present invention.

Fig 2. shows a data recorder according to an embodiment of the present invention.

Fig 3. shows an In vivo signal source according to an embodiment of the present invention.

Fig 4. shows a torso wearing an antenna array according to an embodiment of the present invention and an estimated point of a signal source .

Fig 5. shows a three signal vectors in a two dimensional plane .

Fig 6. shows a three signal vectors in three dimensional space .

Fig 7. shows a graph of a weighing function for signal vectors.

Fig. 1A

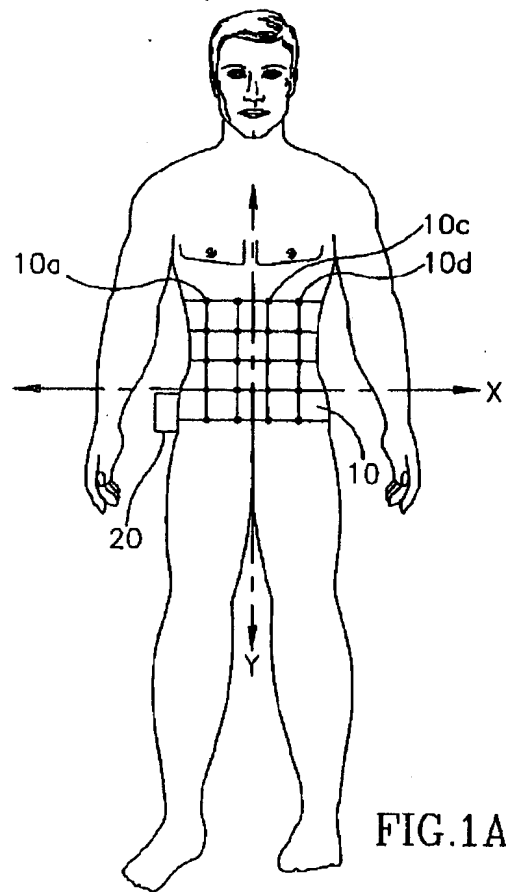


Fig. 1B

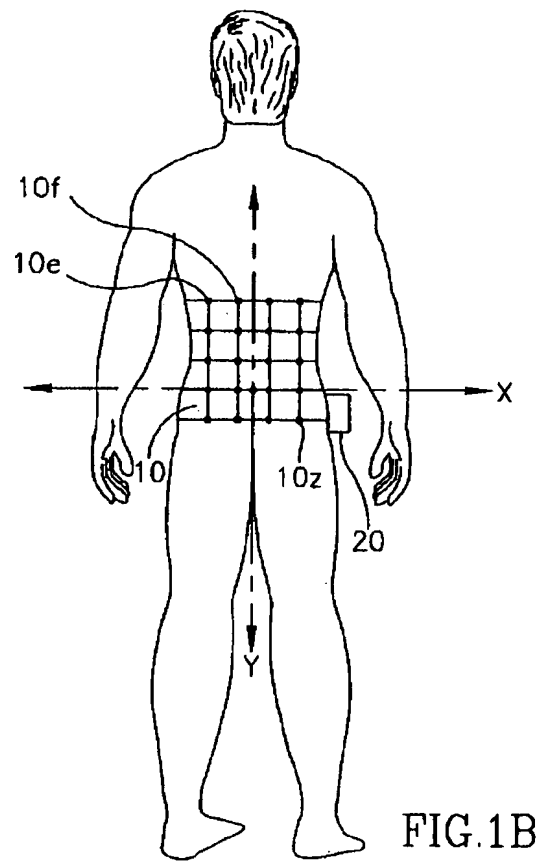


Fig. 2

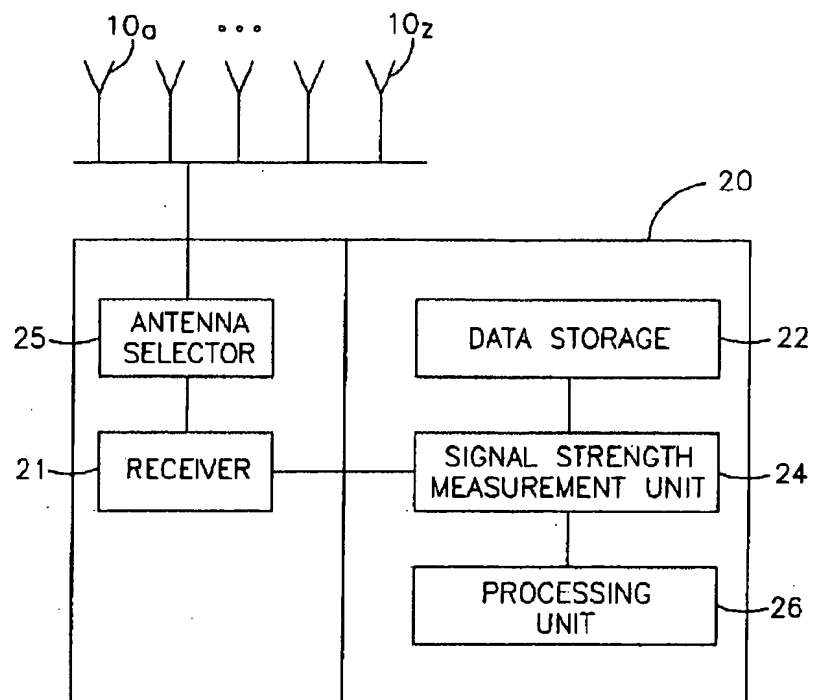


FIG.2



Fig. 3

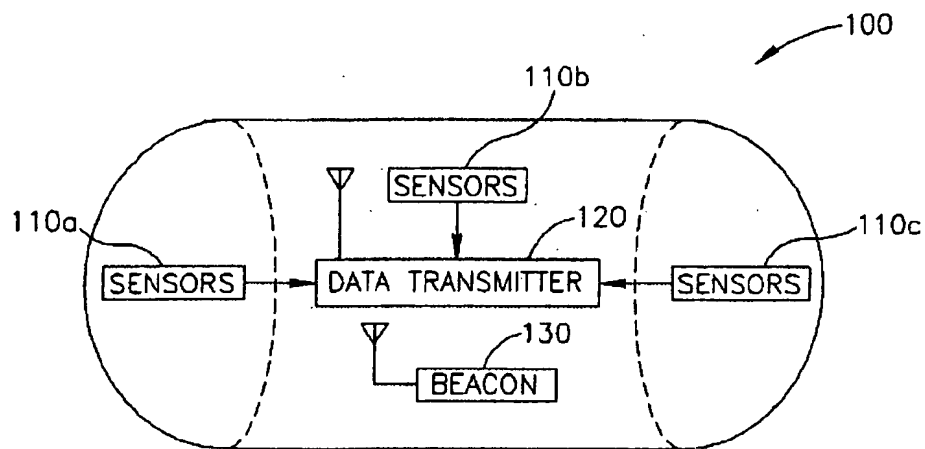


FIG.3

Fig. 4

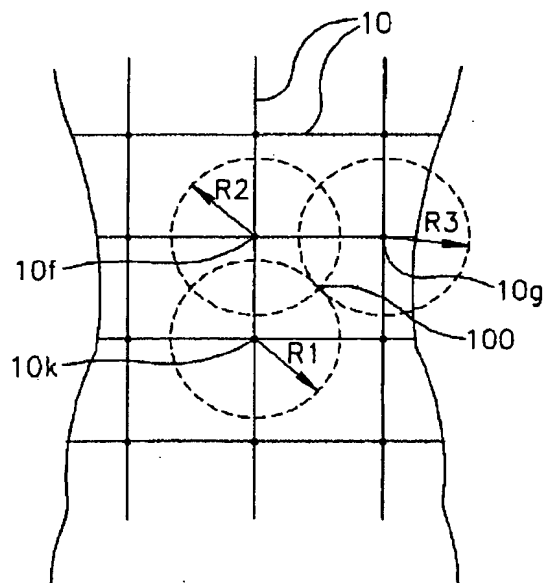


FIG.4

Fig. 5

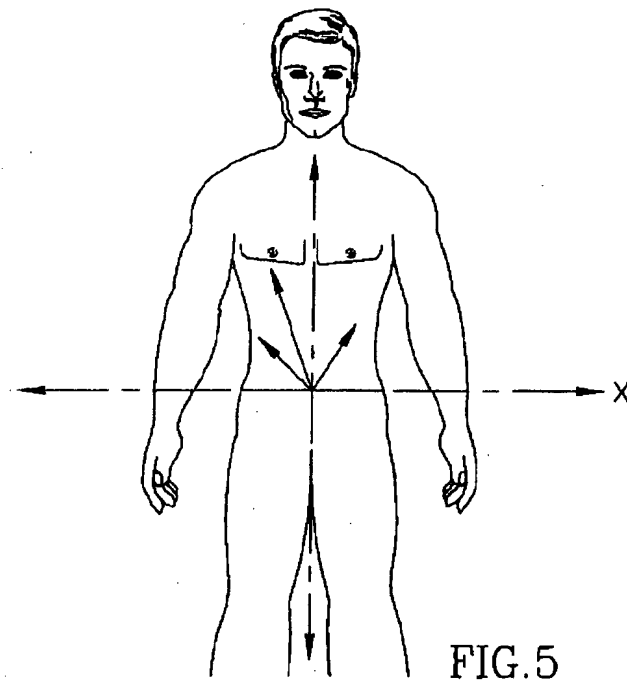


FIG. 5

Fig. 6

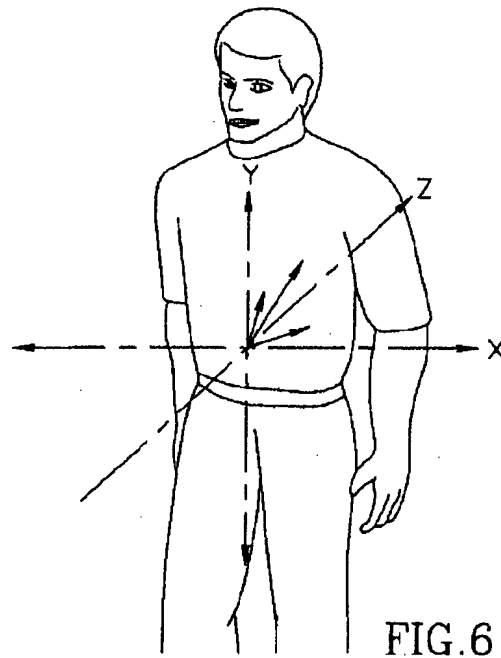
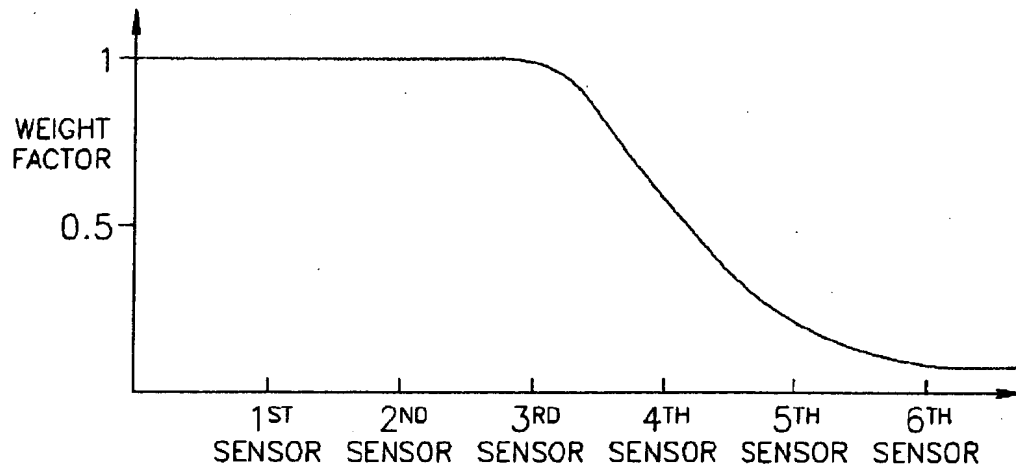


FIG. 6

**Fig. 7****FIG.7****1. Abstract**

A system and method for localizing an in vivo signal source using a wearable antenna array having at least two antenna elements. The signal is received and a signal strength is measured at two or more antenna elements. An estimated coordinate set is derived from the signal strength measurements.

**2. Representative Drawing****Fig. 3**